

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.02.023

基于虚拟仿真技术的高校物理化学实验创新性教学研究

刘仁植, 鲁辉, 常笑

(信阳学院理工学院, 河南 信阳 464000)

摘要:实验是高等学校化学专业的基础必修课程,由于教学模式及客观因素的限制,传统实验教学方法不再适应新时代学生发展的需求。随着信息技术的发展,虚拟仿真技术逐渐走进课堂,通过虚拟仿真技术进行实验教学不仅使学生获得和真实课堂教学一致的体验,而且能够延伸实验教学内容的广度和深度,这对于提升实验教学质量和实现创新型人才培养目标极其有利。它所具有的可重复性、安全性、创新性等优点极大地弥补了传统实验教学的不足之处,为实验教学开辟了新的途径。以物理化学经典实验“二元合金相图的绘制”为例,从教学设计思路、教学设计过程和教学效果分析 3 个角度进行创新性教学改革探讨。

关键词:虚拟仿真;物理化学实验;创新教学

中图分类号: O6-3; G434 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2021)02-0124-05

Study on Innovative Teaching of Physical Chemical Experiment in Colleges Based on Virtual Simulation Technology

LIU Renzhi, LU Hui, CHANG Xiao

(School of Science and Technology, Xinyang University, Xinyang, Henan 464000, China)

Abstract: Chemical experiment is a compulsory course for college chemistry. Due to limitations of teaching mode and other objective factors, traditional experimental teaching is not conducive to students' innovative ability. With the development of information technology, virtual simulation technology are increasingly adopted in chemistry classes, which can not only help students obtain consistent experience with real experiment teaching, but also help to expand the breadth and depth of experiment teaching materials, thus improving the quality of experiment teaching and greatly contributing to the education goal of cultivating innovative talents. Its repeatability, safety and innovation maximally make up the deficiencies of traditional experiment teaching and open up a new path for experiment teaching. In this paper we discuss our innovative teaching reform from three aspects: teaching design idea, teaching design process and teaching effect analysis by taking the classic physical and chemical experiment of "the drawing of binary alloy phase diagram" as an example.

Keywords: virtual simulation; physical chemical experiment; innovative teaching

0 引言

作为化学学科的基础和灵魂,实验与化学的形成和发展密不可分。化学实践和理论的有效融合,能够帮助学生更好地理解所学理论知识,因而是高等学校化学教学中无法回避的问题之一。但由于时空的限制,化学实验教学和理论教学往往被割裂成 2 个平行课程,以致很多学生对化学的理论-结构-现象割裂开来,无法做到理论与实践的完美结

合^[1-2]。随着信息技术的发展,虚拟仿真技术开始走进化学实验课堂,因 2019 年爆发的新冠肺炎疫情而大规模普及的线上教学,更是大力推动了化学实验教学模式的变革,同时也强有力地证明了信息化技术与实践教学相融合的紧迫性和必要性。

虚拟仿真技术又称为虚拟现实技术,它以多媒体技术为基础将传感器、人机交互、计算机仿真等多种技术融于一体,在计算机上模拟出逼真的虚拟环境,让使用者借助虚拟的实验设备和虚拟环境里

收稿日期: 2021-03-08

基金项目: 2020 年度河南省教师教育课程改革研究项目(2020-JSYYB-135);河南省教育科学“十三五”规划一般课题([2019]-JKGHYB-0309);信阳学院教学改革重点项目(2019ZJG02)。

作者简介: 刘仁植(1986—),女,河南信阳人,讲师,硕士,研究方向:物理化学实验教学研究。

的对象进行人机交互, 从而产生逼真的学习体验^[3]。这种技术最大的优势特性表现为交互性、沉浸性和构想性^[3-4]。目前, 虚拟仿真技术已经在军事、机械制造、航空航天、教育等多个领域被广泛应用, 在教育行业, 某些晦涩难懂的理论, 诸如某些抽象的理论、微观机理、反应过程等教学内容, 都可以借助虚拟仿真技术直观形象地展示给学生。尤其在实践教学中, 虚拟仿真技术更是有着得天独厚的教学优势^[4-5]: 它可以模拟化学反应的环境和反应历程, 使学生身临其境地感受实践氛围, 激发学习兴趣并加深知识理解。另外, 借助虚拟仿真技术还能够将实验压缩进课堂, 动态呈现化学反应的微观机理, 不仅丰富课堂教学形式, 而且强化了理论与实践的关联, 实现由理论到实践再到理论的良性循环, 也为突破理论课程的教学难点提供了有力的技术支撑。

将虚拟仿真技术应用到实验教学中, 大大延伸了实践教学的广度和深度, 其给学生带来的强烈可视化和沉浸感更是提升了实践教学的质量和水平, 同时也利于培养学生的创新思维和科研素养^[6-7]。因此, 借助虚拟仿真技术进行化学实验教学的改革具有重要意义。本文从物理化学实验传统教学方式的弊端出发, 提出虚拟仿真技术辅助化学实验教学的改革的必要性, 并以物理化学经典实验“二元合金相图的绘制”为例, 从教学设计思路、教学设计过程、课程考核方式和教学效果分析 4 个角度进行创新性教学改革探讨。

1 物理化学实验教学现状

1.1 客观因素较多, 教学效果不理想

不同于化学专业其他学科实验教学, 物理化学实验对仪器设备依赖性很高, 几乎每个实验都要求特有仪器, 因而对教学场地、仪器数量要求较高^[2]。但受实验课时、场地设备及教师精力等客观因素所限, 传统的实验教学大多以小组为单位, 无法保证每位学生都可以真正参与到实验过程中来, 难免存在个别学生敷衍了事的情况^[4]。并且实验过程中难免存在操作不规范、试剂不符合实际需求、仪器不匹配等因素, 影响实际教学效果。

1.2 教学模式单一, 课程考核片面

物理化学实验教学大多是课前学生预习, 课中教师讲授演示、学生模仿操作, 课后学生完成实验报告, 整个过程就是照葫芦画瓢。而这个过程只能让学生知道如何做, 而不明白为什么要这么做, 对于学以致用和理论升华更是无从谈起。这种模式

较能保证按时完成教学流程, 但是缺乏对学生关键能力的培养, 更不能促进学生创新思维的开发。单一的教学形式严重阻碍了教学目标的完成, 更不符合国家培养创新型人才的要求和学生自我发展的需求。

实验教学考核一般由平时考核(30%)和期末考核(70%)2部分组成, 平时考核包括签到、课堂提问、实操及实验报告等。考核内容虽然也涉及实验过程中学生表现, 但通常由教师主观判断评定, 缺乏相应环节的量化标准。现有实验课程的考核制度过多关注教学流程是否完成, 而忽略了实验课本身的人才培养目标, 考核形式也重终结性评价轻发展性评价, 从而导致学生重理论课轻实践课的态度。

2 基于虚拟仿真技术的实验教学设计案例——以“二元合金相图的绘制”实验为例

2.1 教学设计思路

实验内容节选自高教版南京大学物理化学第五版教材第五章“二元合金相图的绘制”。实验原理为热分析法, 即通过记录熔融状态的金属样品在自然冷却过程中系统温度随时间的变化关系, 绘制出步冷曲线, 进而得到相变温度-系统组成之间关系的相图。作为物理化学经典实验之一, 本实验对于学生正确理解热分析法的基本原理和步冷曲线的分析等理论知识有着重要意义, 但以往的教学模式存在一定的弊端: 1) 安全隐患较多: 由于经典物理化学教材是以 Bi-Cd 体系为例讲授相关知识, 因而实验体系常见为 Pb、Sn、Bi、Cd 等二元混合物, 但上述金属均具有一定毒性, 在熔化过程中所产生的有毒蒸气不仅损害实验人员的身体健康, 对设备和环境也会造成严重污染。另外, 由于金属的熔点需求, 体系需要加热到较高温度, 不仅存在安全隐患, 也是不必要的能源浪费。2) 课时利用率低: 本实验所用仪器为电脑控制金属相图实验炉进行, 实际操作中学生只需要装样-记录, 不易观察金属熔化和凝固过程中的具体实验现象。3) 实验时间较长: 金属的自然冷却是一个缓慢的过程, 本实验需要至少 5 个不同比例的体系做重复性工作, 耗时耗力。

2.2 教学设计过程

为了提高实验教学的安全性和有效性, 本实验借助虚拟仿真技术采用“虚拟贯通”的教学方式, 充分利用虚拟仿真技术开放、交互和可重复的优势, 将实验中不易观测的实验现象逼真地展示给学生, 以沉浸式的体验提高实验教学的可视化。本节课计划 3 学时, 主要环节包括: (1) 课前引导与准备;

表 1 虚拟仿真技术下的创新性实验教学设计

教学环节	教学活动	考核要素	教学目标
课前引导与准备(师生)	(1)教师布置实验任务,学生通过查阅资料,确立实验体系及实验条件,完成预习报告; (2)通过雨课堂推送课前预习检测,包括二组分相图的类型、热分析法的基本原理、步冷曲线的分析、自由度、相关金属的熔点等实验相关知识点。	资料的相关度、准确度;预习报告的完整性及预习检测的准确率。	温故而知新,为开展实验做理论准备;培养学生独立探索、自主创新的科研精神。
课中讲授与操作(师生)	(1)教师提出问题:如何确定实验体系?引导学生结合所查资料,从金属的理化性质及环境效应两方面综合考虑; (2)热分析法和步冷曲线的基本原理是什么?请学生讲授,其他同学补充,教师总结强调; (3)学生在虚拟仿真实验平台进行实验操作,观察现象,记录数据。重点强调:仔细观察合金结构的形成过程!引发思考:金属结构上的差异,会对其性质有何影响? (4)数据处理:绘图及分析。	所选实验体系是否适宜;理论知识掌握和应用是否熟练;课堂回答是否积极;实验操作的效率及现象观察、数据记录是否完整;数据处理的可操作性。	通过引导学生将理论知识灵活地应用到具体实践,培养学生分析问题和解决问题的能力、工作严谨和实事求是的治学精神。
课后拓展(师生)	(1)本实验理论上可采用哪些体系?考虑到环境效应,又可选择哪些体系? (2)实验体系的冷却速度对实验是否有影响,是不是越慢越好? (3)理论上步冷曲线的转折点和水平线比较标准,但实际上可能出现拐点不明显,水平线不水平,是何种原因造成的?如何处理? (4)为何有的体系步冷曲线水平线段较长,而有的较短?什么因素引起的? 围绕以上但不限于以上等问题,以小组为单位制作 ppt,开展主题交流会,并组织小组互评,教师点评。	PPT 制作与设计(精美、完整);小组发言人的精神面貌;内容的深度和丰度;小组成员的团队意识。	通过任务驱动,促使学生自主阅读相关科技文献、教研论文等,拓宽知识面,建立学海无涯、终身学习的理念,培养学生团队合作的意识。
课后反思(教师)	(1)如何调动学生学习的内驱力,提高自主学习的能力? (2)在教学过程中,如何有效整合教学资源,更好地实现育人目标? (3)本课程自有/共享的虚拟实验数量都极其有限,限制了该教学方式的大力推广,急需加强实验项目的自主开发。		

(2)课中讲授与操作;(3)课后拓展;(4)课后反思。其中前三个环节由师生共同完成,具体教学设计如表 1 所示。

2.3 课程考核方式及统计

本课程考核的内容涵盖本实验的理论和实践技能 2 方面,将全过程评价和终结评价有机结合起来进行综合评定。其中理论知识在课前、课中和课后通过雨课堂推送习题来检测,实践技能的考察则依据虚拟仿真实验平台统计分析学生在实验操作及实验报告中所产生的学习数据评定,如操作错误的次数、实操成绩、数据处理及结论的合理性、图形报告的规范性及完整性等。具体设计及各项比例如表 2 所示。

将本次实验考核成绩与同期往届学生对比,其结果如表 2 所示,其中 Y1 和 Y2 分别表示采用虚拟仿真技术辅助教学的我校(信阳学院)2017 级化学

专业本科 1 和 2 班(简称试验组),C1 和 C2 分别表示传统方式教学的 2016 级化学专业本科 1 和 2 班(简称对照组)。

表 2 课程考核设计

考核项目	考核类型	考核明细	考核方式
理论知识 (50%)	标准答案试题 (30%)	实验原理、步骤、注意事项	雨课堂推送
	非标准答案试题 (20%)	实验设计、改进	
实践技能 (50%)	虚拟仿真实操 (20%)	实验操作的准确率及效率	虚拟仿真实验平台
	实验报告 (20%)	实验数据的处理及讨论、实验结论	
	主题交流会 (10%)	综合能力与态度	线上线下开展

从表 3 可以看出, 试验组平均成绩和高分明显优于对照组, 其中 Y2 组平均分达到 25.5 (满分 30 分), 比 C1 组高出近 10 分, 有 17 名同学获得满分。相比之下, C1 组最高分只有 28 分, 且优秀的人数寥寥无几, C2 组情况与其类似。结合图 1 中的答题时长统计结果, 试验组平均仅需 12 min 即可完成, 准确率达 80% 以上, 相比之下, 传统组需要花费 2 倍的时间才能完成, 准确率最高不及 80%。高效的学习效率, 足以反映本实验所采用的虚拟仿真技术辅助学习的模式更有利于夯实学生对基础知识的熟练掌握和灵活应用, 也充分体现了这种创新的教学模式对学生的激励和促进作用, 以及在培养创新思维方面的优势。

学生对本次课的教学效果满意度调查通过雨课堂发布调查问卷和抽样谈话来实施, 围绕学生在学习效率、学习兴趣、创新能力、实操能力、独立思考能力、对教师的认同感、建议和意见共 7 个方面来设计。从调查结果 (表 4) 来看, 试验组对该教学模式都较为认可, 其教学效果评价都高于传统组, 尤其在“学习效率”“学习兴趣”和“独立思考能力”3 个方面优势更加明显, 所提建议更多偏重于思维能力的训练方面, 说明采用虚拟仿真技术辅助的教学模式不仅能保证学生实验操作的训练, 而且这种创新的教学模式打破了传统教学的思路, 充分利用信息化教学手段和大学生的心里特点, 将课堂还给学生, 吸引学生主动求知、积极探索, 为素质教育的实施和创新型人材的培养提供了肥沃的土壤。

2.4 教学效果评价

2.4.1 优化课堂教学结构, 提高课时利用率

以往讲授该实验时, 课时过多耗费在理论讲授上, 加之本实验操作环节中金属熔化和冷却也极为耗时, 弱化了实验教学本身的教学目标, 课时利用率极为低下。在虚拟仿真技术和雨课堂信息化技术的辅助下, 现在的教学模式很好地将课前、课中、课后有机统一, 延伸了课堂的广度和深度, 有利于学生对该实验从整体到局部建立起直观的感性认识, 课前预习促使学生用理论指导实践, 而课后拓

表 3 不同教学小组的标准答案试题考核成绩

教学小组	分数段	人数	占本小组比例/%	总分	平均分
Y1	27~30	15	8.1	30	24.8
	24~<27	11	13.5		
	21~<24	3	8.1		
	18~<21	5	29.7		
	0~<18	3	40.5		
Y2	27~30	21	70.0	30	25.5
	24~<27	9	30.0		
	21~<24	1	3.3		
	18~<21	3	10.0		
	0~<18	4	13.3		
C1	27~30	3	10.0	30	15.6
	24~<27	1	3.3		
	21~<24	0	0.0		
	18~<21	8	26.7		
	0~<18	25	83.3		
C2	27~30	5	16.7	30	20
	24~<27	6	20.0		
	21~<24	10	33.3		
	18~<21	9	30.0		
	0~<18	5	16.7		

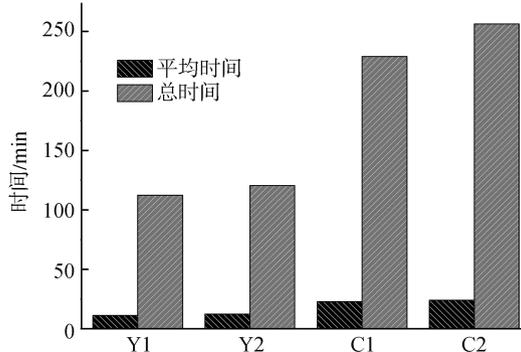


图 1 标准答案试题的测试时长统计

展和实验交流环节又使其回归理论, 最终上升到理性认识, 大大提高了课时利用率。这从教师提问时学生积极回答的态度以及课后的主题交流环节中学生的独到见解等表现予以证实。

表 4 教学效果评价的调查结果

组别	学习效率	学习兴趣	创新能力	动手能力	独立思考	认同度
Y1 (37 人)	31/85.2	29/78.4	23/62.2	29/78.4	26/70.3	34/91.9
Y2 (38 人)	30/78.9	29/76.3	21/55.3	30/78.9	27/71.1	35/92.1
C1 (37 人)	20/54.5	18/48.6	18/48.6	26/70.3	20/54.1	30/81.1
C2 (35 人)	18/51.4	19/54.3	19/54.3	27/77.1	18/51.4	30/85.7

人/%

2.4.2 变革课程考核机制,培养学生科研素养

课程考核是教学活动必不可少的重要环节。但从以往的考核结果来看,学生成绩缺乏区分度,主要原因可以归结为考核结构不合理和考核过程不客观,以至于整个考核过程缺乏定性与定量考核标准。而借助虚拟仿真技术进行的教学活动,一方面,学生操作的每一环节,系统都有记录,如操作时长、数据输入及修正次数、操作规范熟练程度等细节,这些记录最终将会汇总反馈给教师,使得课程考核更加客观。另一方面,课程考核要素不仅包含学生对知识的掌握程度,同时也包含能力的提升和情感态度价值观的理念,也更加符合新时代的育人目标。

2.4.3 激发学生兴趣,增强学习的自主性

本着“授人以鱼不如授人以渔”的教学理念,在教学活动中通过课前的资料查阅、课后拓展和开展实验主题交流会等实践,不仅激发了学生的学习兴趣,而且加大过程性考核比例,纠正了学生“平时不努力,临时抱佛脚”的考试观念,对待学习由“要我学”转变成“我要学”,教学活动由“教什么”变成“如何教”。从本次实验来看,以往学生对实验的疑惑主要集中于实验细节,而本实验中需要教师答疑

解惑的问题更多侧重于实验设计方面,学生能够自主思考实验的优化改进,这一转变也充分反映了教学效果的提升。

3 结语

虚拟仿真实验教学以化学实验理论知识为基础,利用信息化的教学手段培养了学生的实验能力和创新思维,不受客观条件限制充分保证教学质量,极大促进了化学实验信息化教学的发展,虚拟仿真实验教学将成为化学实验教学改革的新方向。但万事万物各有利弊,虽然传统的实验室教学效果易受到诸多因素的限制,但不可否认的是实验室教学也具有虚拟仿真实验教学无法比拟的优势。如传统教学过程能够很好地锻炼学生的动手操作能力,学生在实验中接触到真实的仪器,直观地感受实验现象,如某些颜色变化、沉淀生成等实验,能够极大地刺激学生的感官。因而虚拟仿真实验也不可能完全代替真实的实验室教学,更加明智的策略应该是将二者有机结合起来,各取其利,让信息化技术更好融合于传统实验教学,实现高等教育创新型人才培养的目标。

参考文献:

- [1] 杨雨竹, 黄梅, 卢一卉. 高师“中学化学实验教学技能训练”课程教学现状调查与分析[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(6): 72-76.
- [2] 张雪玉. 高校实验教学管理现状及对策研究[J]. 化工管理, 2019(35): 28-29.
- [3] 李平, 毛昌杰, 徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11): 5-8.
- [4] 龚成斌, 曹雅仪, 王强, 等. 虚拟仿真实验教学的需求现状——基于西南大学虚拟仿真实验教学需求问卷调查分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(11): 155-160.
- [5] 张敏, 刘俊波. 对高校虚拟仿真实验教学项目建设的若干思考[J]. 中国现代教育装备, 2020(1): 10-13.
- [6] 王薇, 吕东煜, 董立军, 等. 混合式教学模式在化学实验室安全课程中的探索与应用[J]. 大学化学, 2021, 36(2): 147-153.
- [7] 周爱东, 王庆, 杨红晓. 仿真技术应用于化工原理实验教学的创新实践[J]. 实验技术与管理, 2007(3): 84-86.